

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ЧПУ ПОСРЕДСТВОМ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОЦЕЛЕВОГО КАНАЛА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИХ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Аспирант: Никишечкин П.А., научный руководитель: д.т.н., проф. Мартинов Г.М.

Цель работы:

Расширение функциональных возможностей систем ЧПУ и интеграция в них новых технологий путем создания универсального механизма взаимодействия терминальной части с ядром системы управления на базе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных.

Задачи исследования:

1. Проанализировать существующие решения по расширению функциональных возможностей систем ЧПУ.
2. Построить функциональную модель взаимодействия терминальной части с ядром системы ЧПУ на основе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных (XData), и провести расчет его пропускной способности.
3. Разработать архитектуру и осуществить программную реализацию механизма взаимодействия компонентов системы управления посредством многоцелевого канала XData.
4. Разработать механизм интеграции в систему ЧПУ сторонних и новых собственных прикладных решений на базе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных.
5. Реализовать прикладные решения, использующие ключевые схемы интеграции в систему ЧПУ на основе разработанного многоцелевого канала XData, и провести стендовые испытания.

Научная новизна:

1. Установлены взаимосвязи между конфигурацией системы ЧПУ и пропускной способностью каналов взаимодействия ее основных компонентов, позволяющие определить объем данных, которые могут передаваться интегрируемыми сторонними решениями.
2. На основе установленных взаимосвязей построена функциональная модель взаимодействия основных компонентов системы ЧПУ, отличающаяся предложенным механизмом взаимодействия терминальной части с ядром системы управления, построенным на базе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных.
3. Разработаны алгоритмы расчетов пропускной способности многоцелевого канала взаимодействия, учитывающие конфигурацию системы ЧПУ и загруженность основных каналов передачи данных.
4. Предложен способ интеграции сторонних и новых собственных решений в систему ЧПУ, реализуемый на базе многоцелевого канала взаимодействия и не требующий изменения программных кодов основных компонентов системы.
5. Разработана программная архитектура, специфицированы интерфейсы интеграции модулей в систему ЧПУ, определена структура пакетов с неспецифицированным форматом данных и осуществлена программная реализация многоцелевого канала взаимодействия.

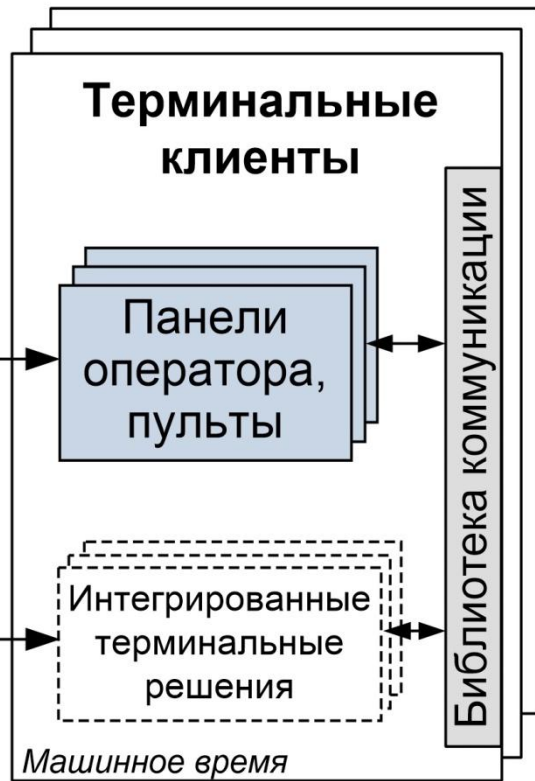
Анализ архитектурных решений систем ЧПУ на рынке

Характеристики	Системы ЧПУ							
	Крупные производители		Средние производители			Небольшие производители		
	Sinumerik 840D sl (Siemens)	iTNC 530 (HEIDENHAIN)	IndraMotion MTX Advanced (Bosch Rexroth)	TX 1270 (Beckhoff)	CNC8070 (Fagor)	NCT 201 (NCT Kft)	АксиОМА Контрол («Станкин-ТПО»)	
Особенности архитектурного построения системы								
Класс системы	PCNC-2	PCNC-2	PCNC-2	PCNC-4	PCNC-4	PCNC-4	PCNC-2 / PCNC-4	
ОС терминала	Linux	MS Windows 7	MS Windows	MS Windows NT	MS Windows XP Embedded	MS Windows CE	MS Windows	
ОС ядра	Solaris	HEROS	UNIX	TwinCAT			Linux / RTX	
Технические характеристики								
Каналы управления	10	1	12	8	4	8	8	
Управляемые оси	96	16	64	64	28	32	32	
Интерполируемые оси	20	16	8	8	8	16	16	
Полевые шины	PROFINET	RS-232-C/ V.24, RS-422/ V.11, LSV2	SERCOS III, Profibus DP, PROFINET	EtherCAT	SERCOS II, CanOPEN	EtherCAT, CANBus	CANbus, Memobus, EtherCAT, SERCOS II, SERCOS III	
Решения для открытости архитектуры системы								
Средства расширения терминала	WinCC flexible	RemoTools SDK	WinStudio	ADS шина (Automation Device Specification)	FGUIM – визуальная конфигурация	–	Открытые интерфейсы интеграции программных компонентов, и средство для их настройки	
Средства расширения ядра системы	Compile Cycles	Нет данных	Open Core Engineering; через ПЛК программы	Нет данных				Нет данных
Способы передачи данных между компонентами	Системные переменные	Нет данных	NCS функции	Нет данных			Нет данных	Многоцелевой канал XData
Расширения функциональности системы	Лицензия ≈ 2000 €	Лицензия	Лицензия	Нет данных			Лицензия	Бесплатно

Разработка функциональной модели взаимодействия терминальной части с ядром системы ЧПУ

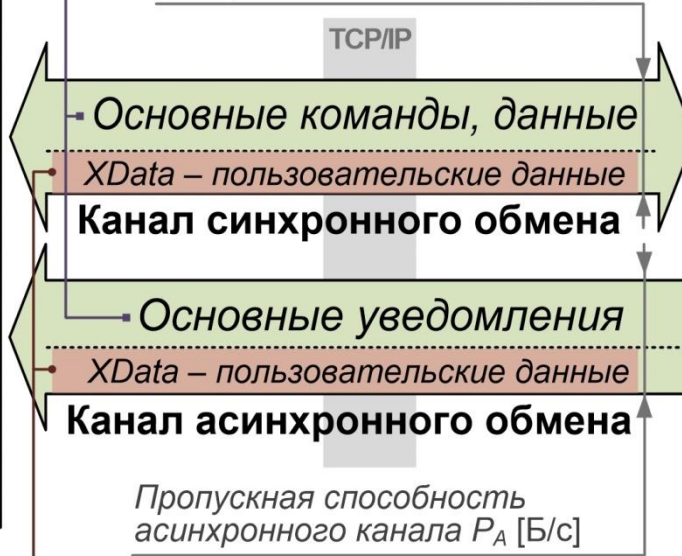
Управляющие воздействия оператора

Управление и считывание состояний исполнительных органов



Основной канал взаимодействия

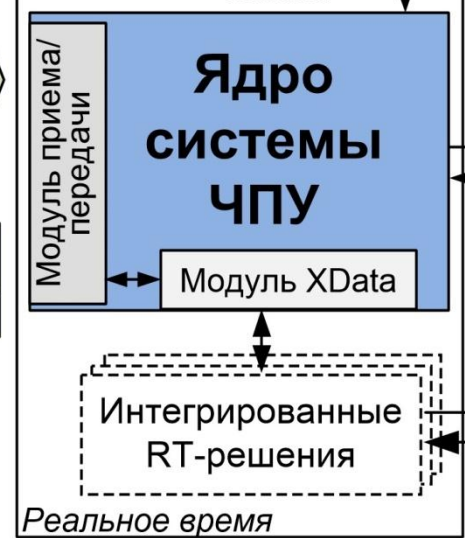
Пропускная способность синхронного канала P_C [Б/с]



Машина реального времени

Файл конфигурации идентификаторов для многоцелевого канала

.xml



Многоцелевой канал передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных (XData):

системный заголовок	заголовок ЧПУ	идентификатор получателя данных	размер пакета данных	данные
---------------------	---------------	---------------------------------	----------------------	--------

Пакет XData

Расчет пропускной способности многоцелевого канала взаимодействия асинхронным методом

$$P_{A_XData} = P_A - \frac{S_A}{T_{АЦ}} = \frac{S_{ППД}}{T_{АЦ}} - \frac{(S_K n_K + S_O n_O) \times K}{T_{АЦ}}, \text{ где } P_A = \frac{S_{ППД}}{T} \approx 1428/0.25 = 5712 \text{ [Б/с]}$$

P_{A_XData} – пропускная способность асинхронного канала $XData$ [Б/с],

P_A – общая пропускная способность асинхронного канала обмена [Б/с],

S_A – объем передаваемых данных за один цикл передачи асинхронным методом, [Б],

$T_{АЦ}$ – время одного цикла передачи данных асинхронным методом [с],

$S_{ППД}$ – объем полезных передаваемых данных в одном пакете [Б],

S_K – объем данных при передаче информации о работе одного канала системы ЧПУ, за один такт передачи [Б],

n_K – количество каналов работы системы ЧПУ,

S_O – объем данных для передачи информации о работе одной координатной оси, за один такт передачи [Б],

n_O – количество координатных осей системы ЧПУ,

T – частота передачи данных [с],

K – коэффициент коррекции объема передаваемых данных ≈ 1.2 .

Конфигурация		Объем передаваемых данных		Пропускная способность многоцелевого канала, [Б/с]	Область применения
Каналы управления	Оси	за такт, [Б]	[Б/с]		
1	1	119	476	5330	Системы контроля движения
1	3	283	1132	4644	Простые станки (токарная, фрезерная, сверлильная группы)
1	5	447	1788	3988	Станки пятикоординатной обработки
2	8	730	2920	2856	Многозадачные станки
3	9	849	3396	2380	Сложные станки, имеющие в составе робота-манипулятора Перспективные специализированные решения – нужна более мощная вычислительная платформа
3	15	1341	5364	412	
8	16	1608	6432	0	
8	32	2920	11680	0	

Расчет пропускной способности многоцелевого канала взаимодействия синхронным методом

$$P_{C_XData} = P_C = \frac{1}{T_{\text{ЦЦ}} \times n_{\text{Клиент}}}$$

P_{C_XData} – пропускная способность синхронного канала взаимодействия XData [запрос/с],

P_C – общая пропускная способность синхронного канала обмена [запрос/с],

$T_{\text{ЦЦ}}$ – время одного цикла передачи данных синхронным методом [с],

$n_{\text{Клиент}}$ – количество активных терминальных клиентов системы управления.

Количество терминальных клиентов	Максимальное количество запросов от одного клиента в секунду	Максимальный объем передаваемой информации [Б/с]
1	97	141291
2	48	70645
3	32	47097
5	19	28258
10	9	14129

$$T_{\text{ЦЦ}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6$$

t_1 – время формирования запроса,

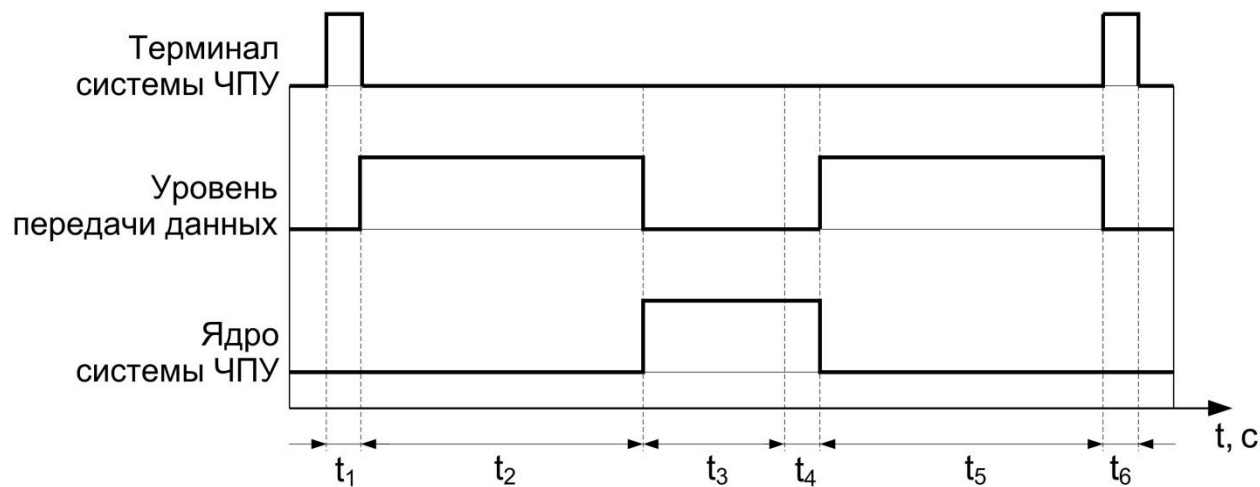
t_2 – время передачи запроса,

t_3 – время запуска потока обработки запроса,

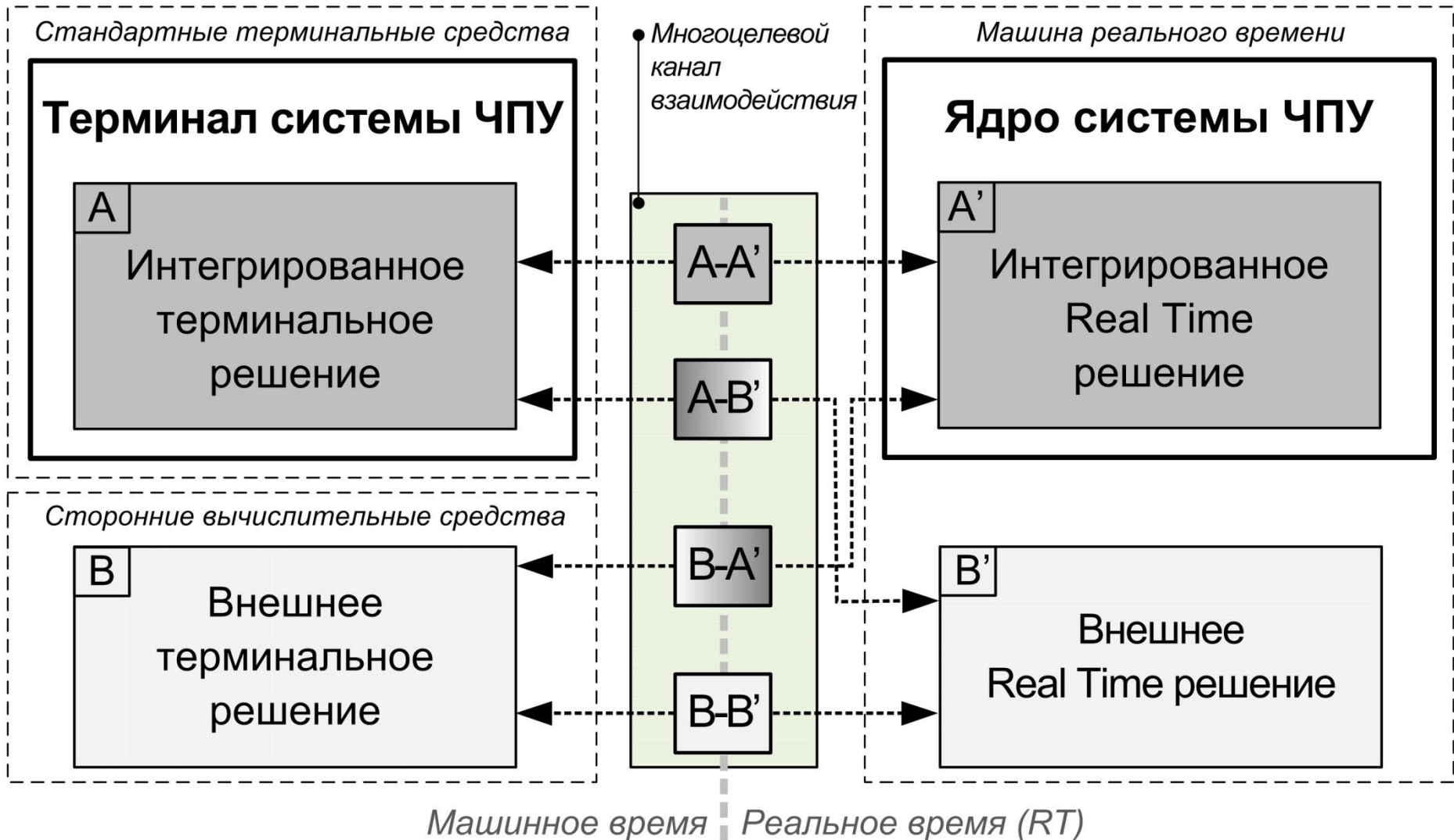
t_4 – время обработки запроса,

t_5 – время передачи ответа,

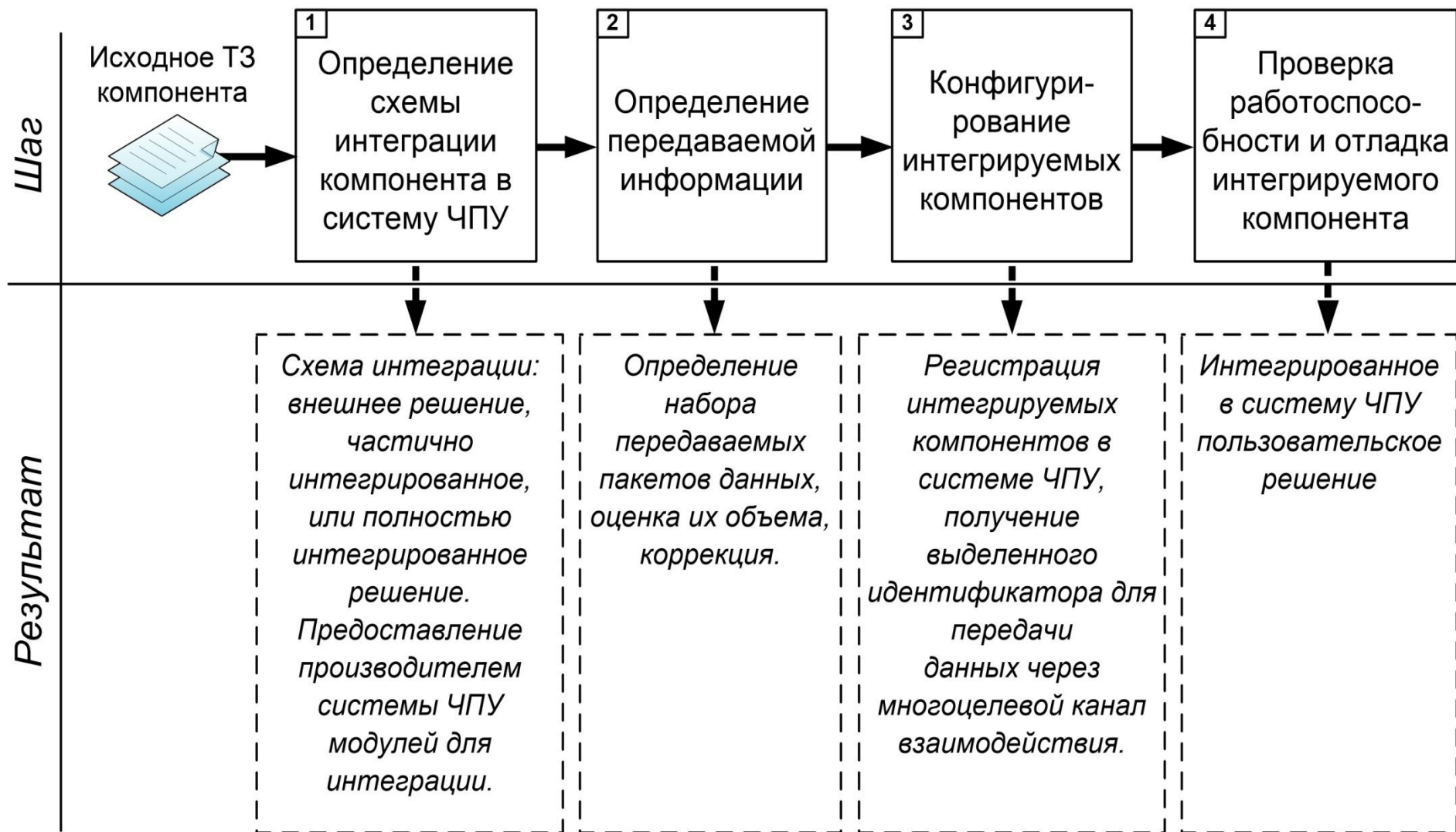
t_6 – время обработки ответного пакета.



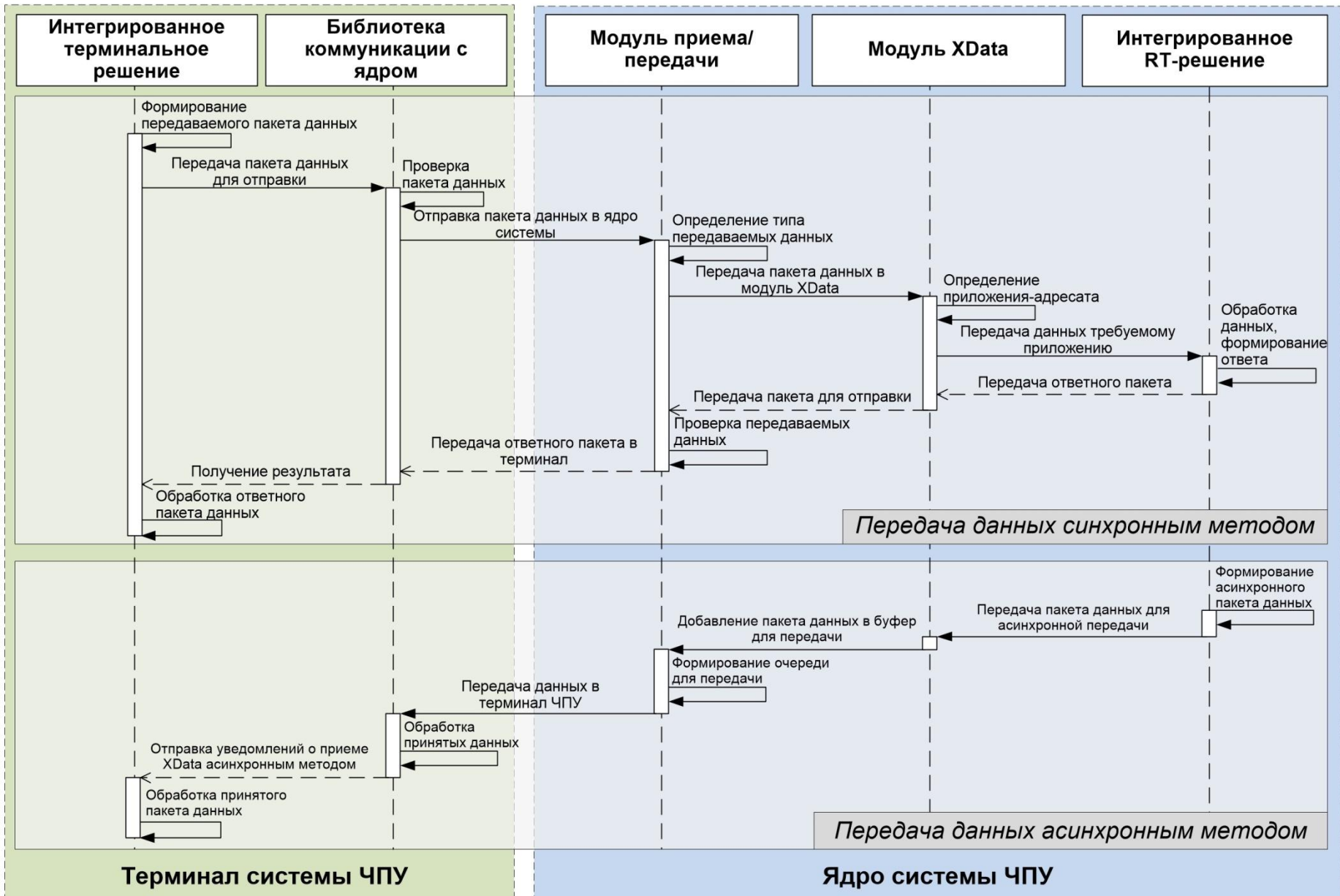
Систематизация основных схем интеграции решений в систему ЧПУ с использованием многоцелевого канала XData



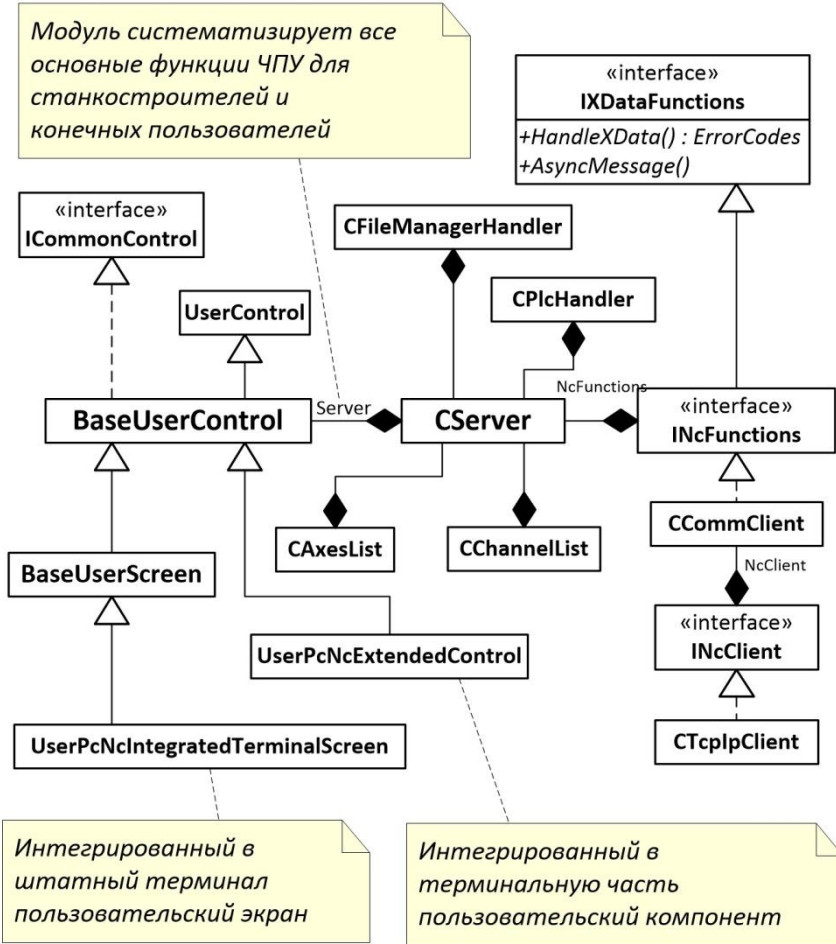
Способ интеграции сторонних и новых собственных решений в систему ЧПУ на базе многоцелевого канала взаимодействия



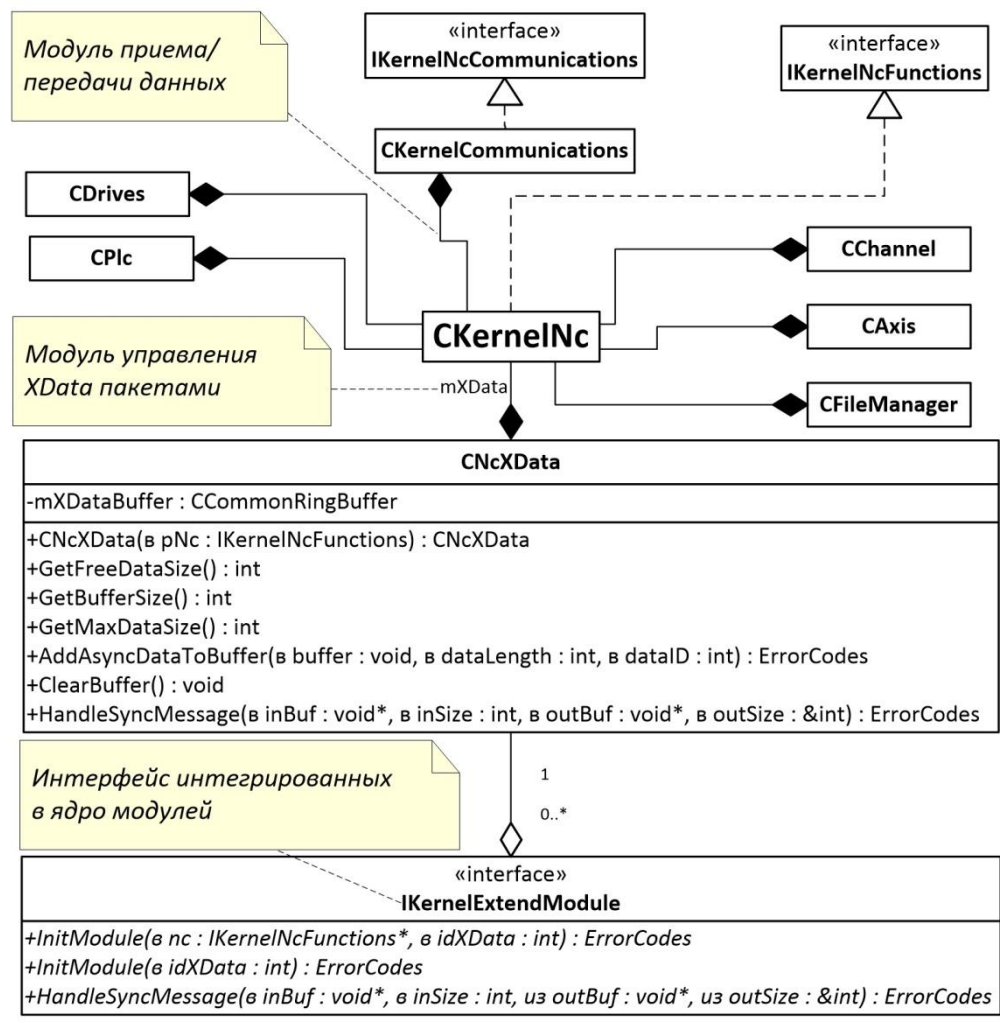
Диаграммы последовательностей процесса передачи данных с использованием многоцелевого канала XData



Фрагменты диаграммы основных классов, реализующих работу многоцелевого канала XData (в нотации UML)



Терминал системы ЧПУ

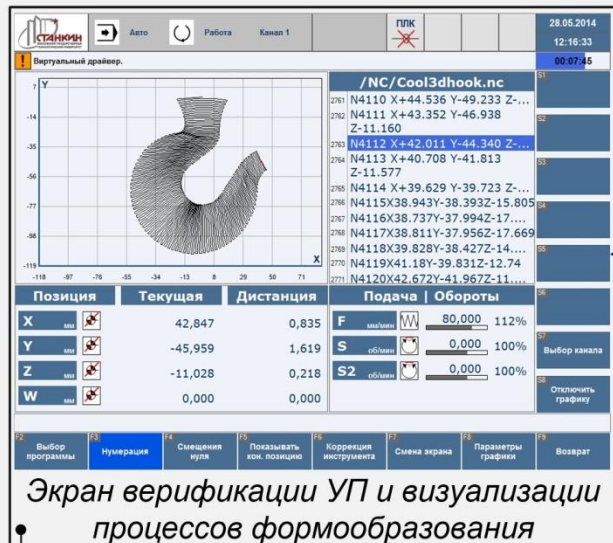


Ядро системы ЧПУ

Интеграция подсистемы визуализации процессов формообразования в систему ЧПУ по схеме интеграции А-А'

Панель оператора

Терминал системы ЧПУ



Библиотека коммуникации

Стандартная информация ЧПУ:

- командные значения координат;
- управляющая программа;
- значения подач, скорости вращения шпинделя.

Основной канал взаимодействия

Многоцелевой канал XData

Машина реального времени

Ядро системы ЧПУ

Модуль графики (Real Time)

A-A'

Модуль XData

Новые функциональные возможности:

- моделирование и отладка управляющих программ в режиме эмуляции обработки;
- контроль перемещения режущего инструмента в процессе обработки с визуализацией командных и актуальных значений координат.

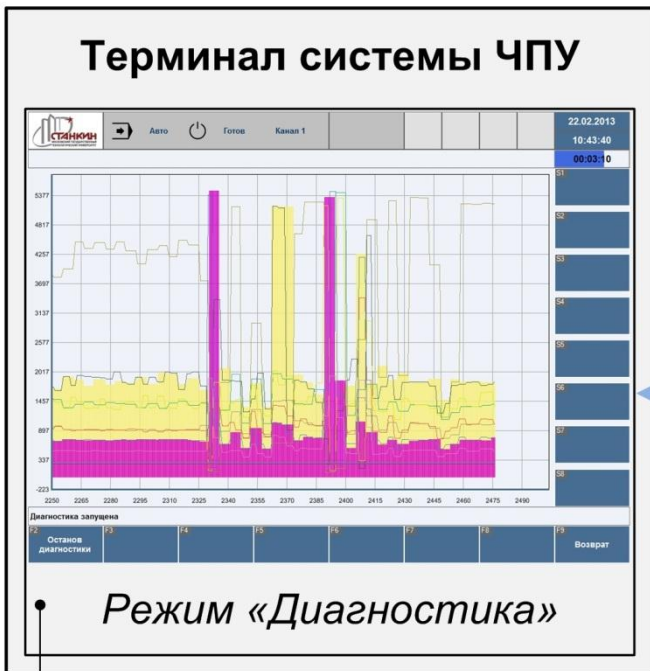
Пакеты с неспецифицированным форматом данных:

- актуальные значения координат;
- команды на управление системой визуализации процессов формообразования.

Машинное время | Реальное время

Интеграция подсистемы диагностики режущего инструмента в систему ЧПУ по схеме интеграции А-В'

Панель оператора



Новые функциональные возможности:

- контроль состояния режущего инструмента в процессе обработки;
- прогнозирование остаточной стойкости режущего инструмента;
- адаптивное управление процессом резания по результатам диагностики;
- визуализация процессов диагностики и контроля;

Библиотека коммуникации

Стандартная информация ЧПУ:

- командные значения координат;
- информация о режимах и параметрах обработки.

Основной канал взаимодействия

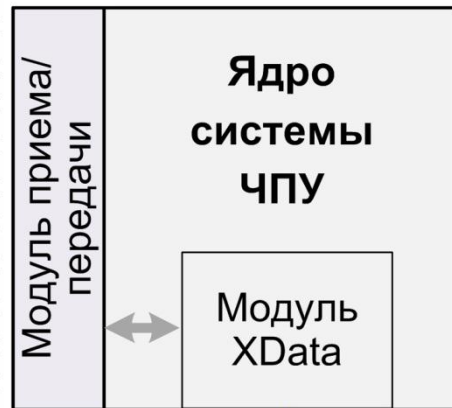
Многоцелевой канал XData

Пакеты с неспецифицированным форматом данных:

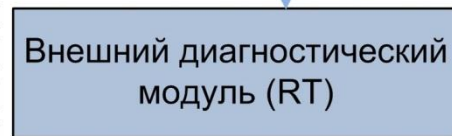
- оцифрованные данные с датчиков;
- команды на управление подсистемой диагностики и контроля.

Машинное время | Реальное время

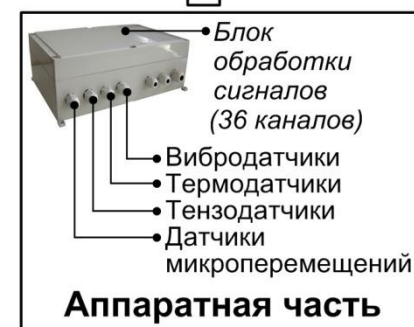
Машина реального времени



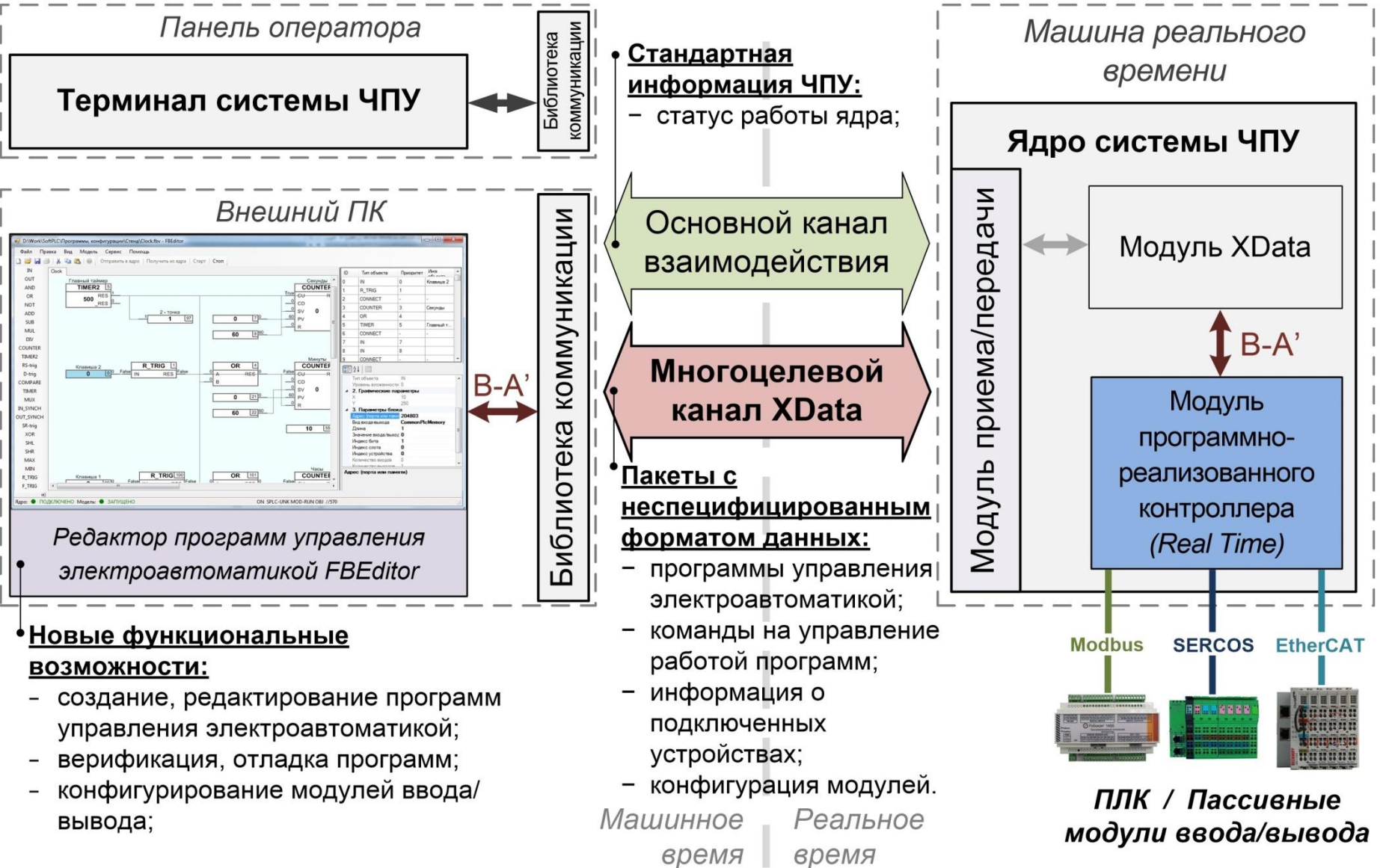
A-B'



RS-485



Интеграция в систему ЧПУ инструментария для создания и отладки программ ПЛК для управления электроавтоматикой станка (схема В-А')



- Стандартная информация ЧПУ:**
 - статус работы ядра;
- Основной канал взаимодействия**
- Многоцелевой канал XData**
- Пакеты с неспецифицированным форматом данных:**
 - программы управления электроавтоматикой;
 - команды на управление работой программ;
 - информация о подключенных устройствах;
 - конфигурация модулей.

Машинное время | Реальное время

- Новые функциональные возможности:**
 - создание, редактирование программ управления электроавтоматикой;
 - верификация, отладка программ;
 - конфигурирование модулей ввода/вывода;

Основные выводы и результаты

1. Выполнена научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи расширения функциональных возможностей систем ЧПУ и интеграции в них новых технологий путем создания универсального механизма взаимодействия терминальной части с ядром системы управления на базе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных, имеющей существенное значение для автоматизированного машиностроения.
2. Установлены взаимосвязи между конфигурацией системы ЧПУ и пропускной способностью каналов взаимодействия ее основных компонентов, позволяющие определить объем данных, которые могут передаваться интегрируемыми сторонними решениями.
3. На основе установленных взаимосвязей построена функциональная модель взаимодействия основных компонентов системы ЧПУ, отличающаяся предложенным механизмом взаимодействия терминальной части с ядром системы управления, построенным на базе многоцелевого канала передачи пакетов с неспецифицированным форматом данных.
4. Разработан алгоритм расчетов пропускной способности многоцелевого канала взаимодействия, учитывающий конфигурацию системы ЧПУ и загруженность основных каналов передачи данных, произведен практический расчет пропускной способности многоцелевого канала.
5. Предложен способ интеграции сторонних и новых собственных решений в систему ЧПУ, реализуемый на базе многоцелевого канала взаимодействия и не требующий изменения программных кодов основных компонентов системы.
6. Разработанные механизмы нашли практическое применение при создании и интеграции в систему ЧПУ АксиОМА Контроль подсистемы визуализации процессов формообразования, подсистемы диагностики режущего инструмента и инструментария для создания и отладки управляющих программ для программно-реализованного контроллера, что подтверждает универсальность разработанных механизмов.
7. Полученные результаты рекомендованы к применению на предприятиях машиностроительного профиля, использующих станочное оборудование с ЧПУ, а также в учебном процессе по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».